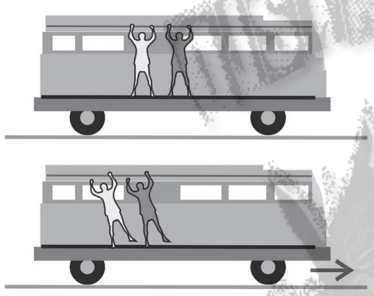
Aulas 09 e 10 – Princípios da Dinâmica

Princípios da dinâmica I

A Dinâmica estuda os movimentos e as causas que os produzem ou os modificam.

Princípio da Inércia (Primeira Lei de Newton)

O princípio da inércia estabelece que um ponto material isolado de forças permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme. Um corpo em repouso tende, por inércia, a permanecer em repouso. Quando em movimento retilíneo e uniforme, tem a tendência natural de manter constante sua velocidade. Portanto, inércia é a propriedade da matéria de resistir a qualquer variação em sua velocidade.



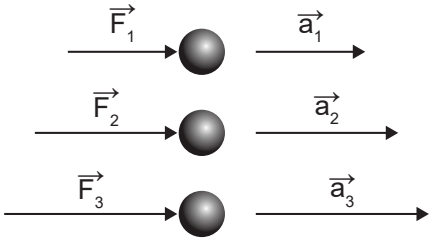
Força é a causa que produz em um corpo variação de velocidade e, portanto, aceleração. A unidade de intensidade de força no SI é o newton (N).

Referenciais inerciais são os referenciais em relação aos quais vale o princípio da inércia.

Massa é a medida da inércia da matéria. No SI sua unidade é o quilograma (símbolo: kg).

Princípio Fundamental da Dinâmica (Segunda Lei de Newton)

A resultante das forças que atuam em um corpo promove, na mesma direção e no mesmo sentido, uma aceleração cujo módulo é diretamente proporcional a essa força.



$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

Unidade do S.I. – Newton (N)

Força peso

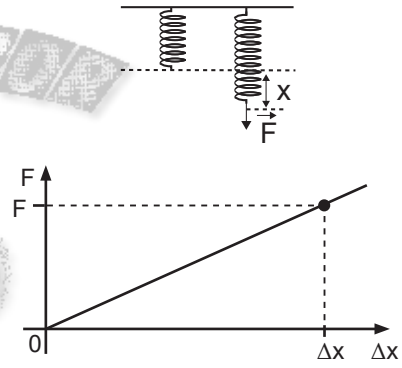
Peso de um corpo é a força de atração gravitacional que um planeta exerce sobre esse corpo.

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Força elástica

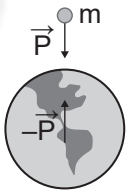
Uma deformação é elástica quando, cessada a força que a provocou, a forma do corpo é restituída. As deformações elásticas são regidas pela lei de Hooke $F = kx$ (as intensidades das forças são proporcionais às deformações). A constante **k** é uma propriedade característica do corpo denominada constante elástica (unidade de k: N/m).

Se o corpo for uma mola, **k** é a constante elástica da mola.



Princípio da Ação e Reação (Terceira Lei de Newton)

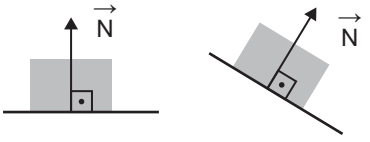
O Princípio da Ação e Reação estabelece que toda vez que um corpo A exerce uma força $\vec{F}_A$ em outro corpo B, este também exerce em A uma força $\vec{F}_B$ tal que $\vec{F}_A = -\vec{F}_B$, isto é, $\vec{F}_A$ e $\vec{F}_B$ têm a mesma intensidade, mesma direção e sentidos opostos.



Força normal

A força normal é aquela realizada por uma superfície a fim de sustentar um objeto colocado sobre ela.

Exemplo:

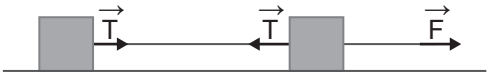


Obs.: A força normal é perpendicular à superfície de apoio!

Tração em um fio ideal

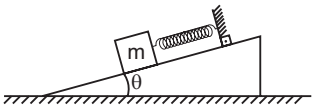
Um fio ideal apresenta massa desprezível, é flexível e inextensível.

Exemplo:



Exercícios

1. (AFA) Em um local onde a aceleração da gravidade é constante, um corpo de massa **m**, com dimensões desprezíveis, é posto a oscilar, unido a uma mola ideal de constante elástica **k**, em um plano fixo e inclinado de um ângulo θ, como mostra a figura a seguir.



Nessas condições, o sistema massa-mola executa um movimento harmônico simples de período T.
Colocando-se o mesmo sistema massa-mola para oscilar na vertical, também em movimento harmônico simples, o seu novo período passa a ser T'.
Nessas condições, a razão T'/ T é

A) 1.
B) sen θ.
C) $\frac{1}{2}$.
D) $\frac{1}{\text{sen}\,\theta}$.

2. (AFA) O bloco da figura 1, entra em movimento sob ação de uma força resultante de módulo F que pode atuar de três formas diferentes, conforme os diagramas da figura 2.

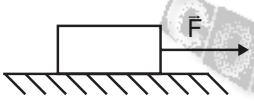


Figura 1

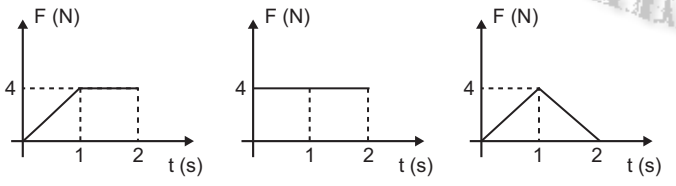


Figura 2

Com relação aos módulos das velocidades v_1, v_2 e v_3 atingidas pelo bloco no instante t = 2 s, nas três situações descritas, pode-se afirmar que

A) $v_1 > v_2 > v_3$
B) $v_2 > v_3 > v_1$
C) $v_3 < v_1 < v_2$
D) $v_2 < v_3 < v_1$

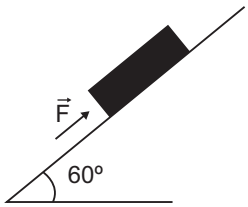
3. (EFOMM/2006) No estudo das leis do movimento, foram feitas as afirmações a seguir, a respeito dos pares de forças de ação e reação.
   I. Ação: a Terra atrai a Lua. Reação: a Lua atrai a Terra;
   II. Ação: o boxeador golpeia o adversário. Reação: o adversário cai;
   III. Ação: o pé chuta um objeto. Reação: o objeto adquire velocidade;
   IV. Ação: ao sentarmos em um banco de automóvel, empurramos o assento para baixo. Reação: o assento nos empurra para cima.

   Assinale a alternativa que relaciona a(s) afirmativas(s) correta(s)
   A) Apenas a afirmativa I é verdadeira.
   B) Apenas a afirmativa II é verdadeira.
   C) As afirmativas I, II e III são verdadeiras.
   D) As afirmativas I e IV são verdadeiras.
   E) As afirmativas I, II, III e IV são verdadeiras.

4. (EFOMM) Analise as afirmativas a seguir.
   I. A segunda lei de Newton estabelece que a força resultante aplicada pode ser avaliada pela respectiva variação da quantidade de movimento, no tempo;
   II. A força que desloca um nadador em uma piscina é um exemplo típico de aplicação da terceira lei de Newton.
   III. A força de atrito permanece com valor fixo, independente da força aplicada ao corpo, enquanto não houver deslocamento;
   IV. O que permite a um automóvel realizar uma curva é o fato de a resultante centrípeta ser a própria força de atrito.

   Assinale a alternativa correta.
   A) As afirmativas I e III são verdadeiras.
   B) As afirmativas II e III são verdadeiras.
   C) As afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
   D) As afirmativas III e IV são verdadeiras.
   E) Apenas a afirmativa IV é verdadeira.

5. (EFOMM) Análise a figura a seguir.



No convés de um navio, um marinheiro apoia uma caixa de massa 20 kg sobre um plano inclinado de 60º, aplicando uma força F de módulo igual a 100 N paralela à superfície inclinada do plano, conforme indica a figura anterior. Nestas condições, ele observa que a caixa está na iminência de descer o plano inclinado. Para que a caixa fique na iminência de subir o plano inclinado, ele deve alterar o módulo da força F para

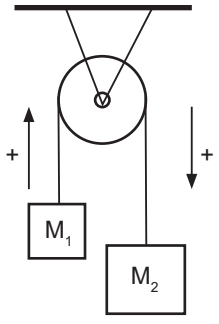
Dados: g = 10 m/s²; sen 60º = 0,85.

A) 100 N
B) 140 N
C) 180 N
D) 200 N
E) 240 N

6. (EFOMM) Na máquina de *Atwood* representada na figura, M_1 = 2,0 kg e M_2 = 3,0 kg. Assumindo que o fio é inextensível e tem massa desprezível, assim como a polia, a tração no fio, em newtows, é

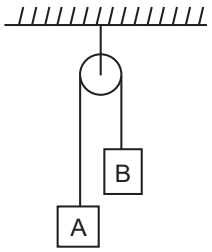
Dado: g = 10 m/s².

A) 6,0.
B) 9,0.
C) 12.
D) 18.
E) 24.



040961.158062/21

7. (EsPCEx) No esquema da figura a seguir, considere a aceleração da gravidade g = 10 m/s², os fios e a roldana ideais e sem peso. Sendo a massa do corpo B o triplo da massa do corpo A, a aceleração adquirida pelas massas é de:
A) 1 m/s²
B) 2 m/s²
C) 3 m/s²
D) 9 m/s²
E) 5 m/s²

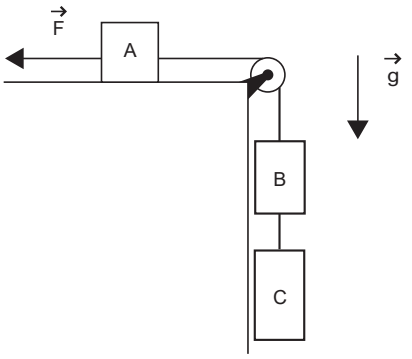


8. (IME) Um peso está suspenso por uma corda no teto de um elevador. A tração na corda é maior quando o elevador está:
A) subindo com uma velocidade constante de 1 m/s.
B) descendo com uma velocidade constante de 1 m/s.
C) subindo com uma aceleração constante de 1 m/s².
D) descendo com uma aceleração constante de 1 m/s².
E) parado.

9. (EsPCEx) Um corpo de massa igual a 4 kg é submetido à ação simultânea e exclusiva de duas forças constantes de intensidades iguais a 4 N e 6 N, respectivamente. O maior valor possível para a aceleração desse corpo é de:
A) 10,0 m/s²
B) 6,5 m/s²
C) 4,0 m/s²
D) 3,0 m/s²
E) 2,5 m/s²

10. (EsPCEx) Um elevador possui massa de 1500 kg. Considerando a aceleração da gravidade igual a 10 m/s², a tração no cabo do elevador, quando ele sobe vazio, com uma aceleração de 3 m/s², é de:
A) 4500 N.
B) 6000 N.
C) 15500 N.
D) 17000 N.
E) 19500 N.

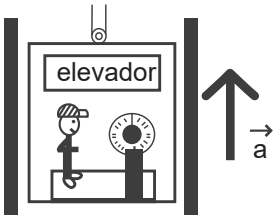
11. (EsPCEx) Três blocos A, B e C de massas 4 kg, 6 kg e 8 kg, respectivamente, são dispostos, conforme representado no desenho a seguir, em um local onde a aceleração da gravidade **g** vale 10 m/s².



Desprezando todas as forças de atrito e considerando ideais as polias e os fios, a intensidade da força horizontal $\vec{F}$ que deve ser aplicada ao bloco A, para que o bloco C suba verticalmente com uma aceleração constante de 2 m/s², é de:
A) 100 N
B) 112 N
C) 124 N
D) 140 N
E) 176 N

12. (EsPCEx) Deseja-se imprimir a um objeto de 5 kg, inicialmente em repouso, uma velocidade de 15 m/s em 3 segundos. Assim, a força média resultante aplicada ao objeto tem módulo igual a:
A) 3 N
B) 5 N
C) 15 N
D) 25 N
E) 45 N

13. (EsPCEx) Uma pessoa de massa igual a 80 kg está dentro de um elevador sobre uma balança calibrada que indica o peso em newtons, conforme desenho a seguir. Quando o elevador está acelerado para cima com uma aceleração constante de intensidade a = 2,0 m/s², a pessoa observa que a balança indica o valor de
Dado: intensidade da aceleração da gravidade g = 10 m/s².
A) 160 N
B) 640 N
C) 800 N
D) 960 N
E) 1600 N



Desenho ilustrativo fora de escala

Gabarito

1	2	3	4	5	6	7	8
A	C	D	C	E	E	E	C
9	**10**	**11**	**12**	**13**			
E	E	E	D	D			

Resoluções

1.

i) Será visto nas aulas de movimento harmônico simples que, para um sistema massa-mola, o período é $\boxed{T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$, onde **m** é a massa do sistema e **k** é a constante elástica da mola.

ii) Observe que o período depende apenas da massa do sistema e da constante elástica da mola, logo, não importa se o sistema está na vertical, na horizontal ou inclinado de um ângulo θ, se a massa do sistema não mudar ou a constante elástica da mola não mudar, o período é constante.

iii) Observe que, nas duas situações propostas pelo enunciado, a massa do sistema e a constante elástica da mola são as mesmas. Portanto, concluimos que T = T', ou seja, a razão T'/T é 1.

Resposta correta: A

040961.158062/21

2.

i) Será visto nas aulas 17, 18 e 19 (Impulso e Quantidade de Movimento) que $F \cdot \Delta t$ (Impulso) = ΔQ (Variação da quantidade de movimento), aonde Q = m · V, sendo **m** a massa do bloco e V a velocidade. Portanto, concluimos que $\boxed{F \cdot \Delta t = m(\Delta V)}$

ii) Baseado no passo i) e nos gráficos apresentados no enunciado da questão, concluímos que Área do gráfico $\overset{N}{=} F \cdot \Delta t$, ou seja, podemos dizer que a Área do gráfico $\overset{N}{=} m(\Delta V)$. Observe que o enunciado da questão fala "Entra em movimento...", ou seja, o bloco possui velocidade inicial igual a zero, logo a Área do gráfico $\overset{N}{=} mV$, sendo V a velocidade final do bloco.

iii) Baseado nos gráficos fornecidos pelo enunciado, temos:

- Área do gráfico 1:

$$\begin{cases} \bullet\ t = 0 \rightarrow t = 1s : \dfrac{4 \cdot (1-0)}{2} = 2 \\ \bullet\ t = 1s \rightarrow t = 2s : 4 \cdot (2-1) = 4 \end{cases} \Rightarrow \boxed{A_1 = 6}$$

- Área do gráfico 2: $t = 0 \rightarrow t = 2s : 4 \cdot (2 - 0) \rightarrow \boxed{A_2 = 8}$

- Área do gráfico 3: $t = 0 \rightarrow t = 2s \cdot \dfrac{4 \cdot (2-0)}{2} \rightarrow \boxed{A_3 = 4}$

iv) Baseado nos resultados do passo iii):

- Calculando V_1: $mV_1 = 6 \rightarrow \boxed{V_1 = \dfrac{6}{m}}$ (no SI)
- Calculando V_2: $mV_2 = 8 \rightarrow \boxed{V_2 = \dfrac{8}{m}}$ (no SI)
- Calculando V_3: $mV_3 = 4 \rightarrow \boxed{V_3 = \dfrac{4}{m}}$ (no SI)

$\Rightarrow \boxed{V_3 < V_1 < V_2}$

Resposta correta: C

3.

I. **Verdadeiro**. A Terra e a Lua exercem, uma na outra, uma força de mesmo módulo chamada de força gravitacional, ou seja, a Terra exerce a ação de atrair a Lua e a Lua exerce a reação de atrair a Terra. Portanto, ambas seguem o Princípio da Ação e Reação, ou seja, a Terceira Lei de Newton.

II. **Falso**. Observe que o golpe de boxeador exerce a ação de empurrar o adversário, porém, a queda do adversário **não** exerce a reação de empurrar o boxeador, ou seja, não há uma mesma força exercida em ambos os corpos como no caso I. Portanto, ambos não seguem o Príncipio da Ação e Reação, ou seja, a Terceira Lei de Newton.

III. **Falso**. Esse caso é o mesmo do caso II, ou seja, o pé exerce a ação de empurrar o objeto por meio do chute, porém, o objeto **não** exerce a reação do empurrar o pé ao adquirir velocidade, ou seja, não há uma mesma força sendo exercida em ambos os corpos como no caso I. Portanto, ambos **não** seguem o Princípio da Ação e Reação, ou seja, a Terceira Lei de Newton.

IV. **Verdadeiro**. Observe que, ao sentarmos, o banco do automóvel é afundado, ou seja, empurramos o assento para baixo. Ao levantarmos, o assento volta para a sua forma original, ou seja, ele estava tentando nos empurrar para cima para retornar ao formado original dele. Portanto, ambos seguem o Princípio da Ação e Reação, ou seja, a Terceira Lei de Newton.

Resposta correta: D

4.

I. **Verdadeiro**. De acordo com a 2ª Lei de Newton, força resultante (F) é massa vezes aceleração, ou seja, F = m · a. Sendo aceleração $a = \dfrac{\Delta V}{\Delta t}$, obtemos que $F = \dfrac{m \cdot \Delta V}{\Delta t}$. Sendo a variação da quantidade de movimento (ΔQ) igual a $m \cdot \Delta V$, concluimos que $F = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$.

II. **Verdadeiro**. O nadador realiza a ação de empurrar a água para trás e a exerce a reação de empurrar o nadador para frente, ou seja, é o Princípio da Ação e Reação.

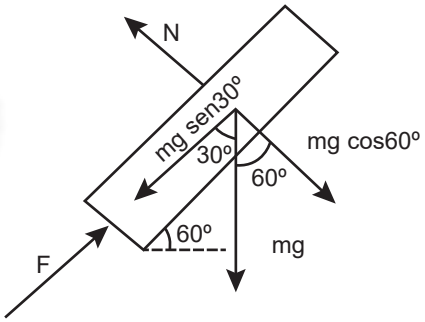
III. **Falso**. Será visto na aula 11 (Força de Atrito) que, enquanto não houver deslocamento, há o surgimento de uma força chamada de força de atrito estético cuja intensidade varia de 0 até $\mu_E \cdot F_n$ e que isso depende da força aplicada ao corpo.

IV. **Verdadeiro**. Um automóvel só consegue realizar uma curva se houver uma resultante centrípeta para mudar a direção e sentido do vetor velocidade, logo a força responsável por esse fato é a força de atrito que o carro recebe do asfalto por intermédio dos pneus dele.

Resposta correta: C

5.

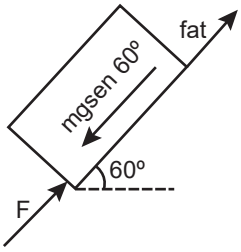
i) Desenhando as forças que foram ditas no enunciado na caixa:



ii) De acordo com enunciado, a caixa está na iminência de descer, ou seja, ela ainda não entrou em movimento, portanto ela está em equilíbrio.

iii) Para a caixa permanecer em equilíbrio, devemos ter:

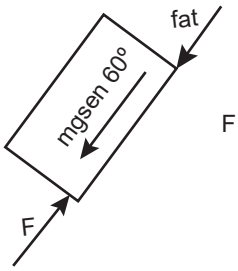
$\begin{cases} N = mg\cos 60^\circ \\ F = mg\,\text{sen}\,30^\circ \end{cases}$, porém, observe que F = 100 N e mg sen30º = 170 N, ou seja, concluímos que é um absurdo o corpo estar em equilíbrio na direção tangencial do plano inclinado apenas pela ação dessas duas forças. Portanto, é necessário que haja mais uma força atuando no bloco nessa direção para que o equilíbrio seja estabelecido. Essa força é o atrito e ela possui o mesmo sentido da força F, pois, de acordo com a aula 11, a força de atrito estático é contrária à tendência de movimento e, nesse caso, a tendência de movimento é descer. Portanto:



$$F + fat = mg\,\text{sen}\,0^\circ$$
$$100N + fat = 20 \cdot 10 \cdot 0{,}85$$
$$fat = 170N - 100N$$
$$\boxed{fat = 70N}$$

040961.158062/21

iv) Para que a caixa fique na iminência de subir o plano inclinado, a força F deve aumentar a intensidade dela até que a força de atrito inverter o sentido, ou seja, fique centraria a tendência do movimento de subida, logo o novo valor de F é:



$$F = mg\,sen\,60° + fat \rightarrow F = 170N + 70N$$
$$\rightarrow \boxed{F = 240N}$$

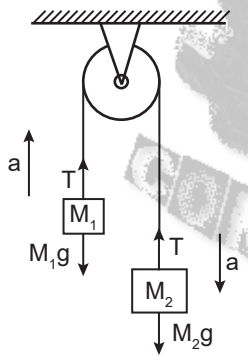
Resposta correta: E

6.

i) Observe que a massa M_2 é maior que a massa M_1, logo a tendência de movimento é a massa M_2 descer e a massa M_1 subir, pois a força peso de M_2 é maior que a força peso de M_1.

ii) Observe também que o fio é inextensível, ou seja, ele mantém o comprimento constante. Portanto, para que o comprimento do fio permaneça constante, se a massa M_2 descer um valor **y** de comprimento, a massa M_1 deve subir um valor **y** de comprimento, logo é possível concluir que, para manter a constância do comprimento do fio, as massas M_1 e M_2 devem possuir a mesma velocidade e aceleração, pois, caso uma estivesse mais rápida que a outra, o fio acabaria sendo deformada.

iii) Baseado nos passos i) e ii), temos:



Baseado no desenho anterior e nos dados da questão, temos o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} T - M_1g = M_1\,a\ (1) \\ M_2g - T = M_2\,a\ (2) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} T - 2\cdot 10 = 2\cdot a \\ 3\cdot 10 - T = 3a \end{cases}$$

$$\rightarrow (1) + (2) : T - 20 + 30 - T = 5a \rightarrow 10 = 5a$$

$$\rightarrow \boxed{a = 2\ m/s^2}$$

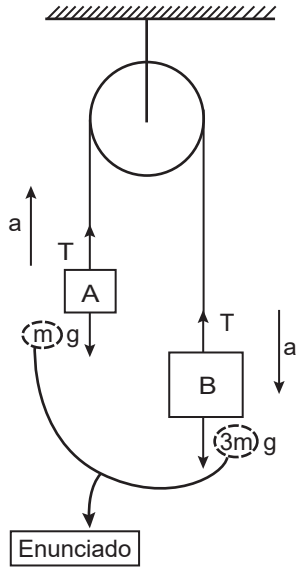
iv) Substituindo o valor de **a** na equação (1):

$$T - m_1g = m_1a \rightarrow T - 2\cdot 10 = 2\cdot 2 \rightarrow \boxed{T = 24\ N}$$

Resposta correta: E

7.

i) Baseado na resolução do exercícios de fixação 6, temos:



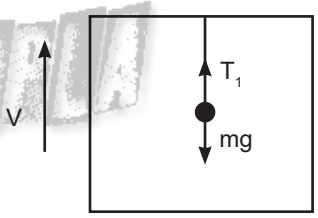
$$\begin{cases} 3\,mg - T = 3ma\ (1) \\ T - mg = ma\ \ \ (2) \end{cases}$$

$$\rightarrow (1) + (2) = 3mg - T + T - mg = 3ma + ma$$
$$\rightarrow 3mg - mg = 4ma \rightarrow 2\cancel{m}g = 4\cancel{m}a$$
$$\rightarrow g = 10\ m/s^2 \rightarrow 2\cdot 10 = 4\cdot a \rightarrow 20 = 4a$$
$$\rightarrow \boxed{a = 5\ m/s^2}$$

Resposta correta: E

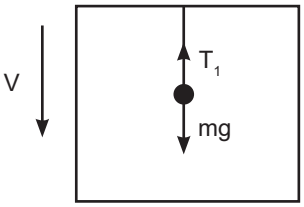
8.

i) Se o elevador está subindo ou descendo com velocidade constante, implica que ele não possui aceleração, ou seja, o peso que está dentro do elevador, tamvém não possui aceleração, pois ele se move junto com o elevador. A força resultante é o produto obtido quando multiplicamos massa pela aceleração, ou seja, se a aceleração é zero, implica que a força resultante que atua no peso é zero, logo:



$$T_1 - mg = ma$$
$$T_1 - mg = 0$$
$$\boxed{T_1 = mg}$$

Subindo



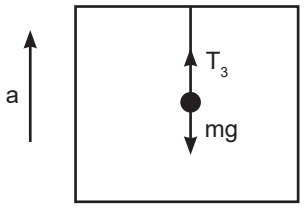
$$mg - T_1 = ma$$
$$mg - T_1 = 0$$
$$\boxed{T_1 = mg}$$

Descendo

ii) O caso em que o elevador está parado implica que ele não possui aceleração, ou seja, é um caso de velocidade constante, porém de módulo com intensidade igual a zero. Portanto, temos que nesse caso a tração (T_2) também possui módulo igual ao da força peso, ou seja, $T_2 = mg$.

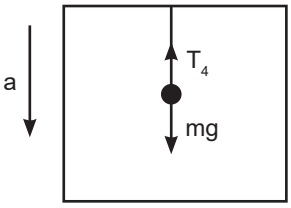
040961.158062/21

iii) Se o elevador está em movimento acelerado, implica que a força resultante atuante no peso é diferente de zero e que ela deve possuir mesma direção e sentido da aceleração do elevador, pois, como o peso está dentro do elevador, ele deve acompanhar o elevador com a mesma aceleração e isso é possível graças a aceleração provocada pela força resultante. Baseado nisso, temos:



$T_3 - mg = ma$
$T_3 = ma + mg$
$\boxed{T_3 = m(a+g)}$

Subindo



$mg - T_4 = ma$
$T_4 = mg - ma$
$\boxed{T_4 = m(g-a)}$

Descendo

iv) Analisando os casos acima, onde V = 1 m/s e a = 1 m/s², percebemos que a tração de maior módulo é a T_3 e que ela ocorre quando o elevador está subindo com uma aceleração constante.

Resposta correta: C

9.

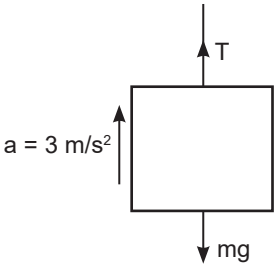
i) O módulo da força resultante que atua em um corpo é obtido pelo produto da massa pela aceleração, ou seja, $f_{resultante} = ma$.

ii) A massa do corpo é constante, logo, para que a aceleração tenha o maior valor possível, é necessário que a força resultante tenha o maior valor possível. Portanto, é necessário que as duas forças atuem no corpo de tal forma que as intensidades delas sejam somadas. Dessa maneira, temos que:

$F_{resultante} = ma \rightarrow 4N + 6N = 4 \cdot a \rightarrow 10 = 4 \cdot a$
$\rightarrow \boxed{a = 2{,}5\ m/s^2}$ maior valor possível para a aceleração do corpo

Resposta correta: E

10. Baseado na resolução do exercício 8, temos:

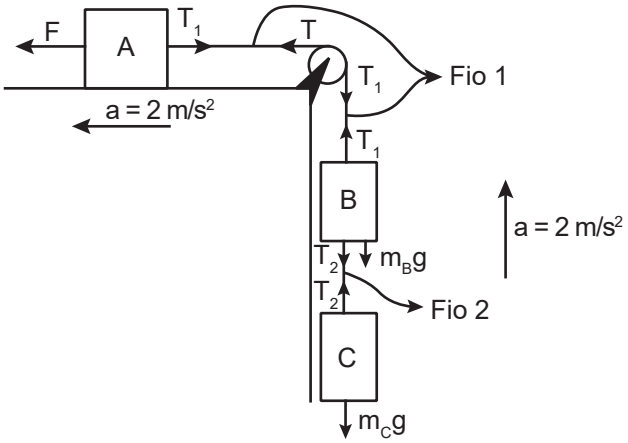


$T - mg = ma$
$T - 1500 \cdot 10 = 1500 \cdot 3$
$T = 1500(10+3)$
$T = 1500 \cdot 13$
$\boxed{T = 19500\ N}$

Resposta correta: E

11.

i) Desenhando as forças que atuam nos balões, temos:



ii) Os fios 1 e 2 são ideais, ou seja, inextensíveis. Baseado nisso e na resolução do exercício de fixação **6**, concluímos que a aceleração do bloco B é igual a do bloco C e que a aceleração do bloco A é igual a do bloco B, ou seja, todos os blocos possuem a mesma aceleração e, de acordo com o anunciado, de módulo igual 2 m/s².

iii) De acordo com os passos i) e ii), temos:

- Bloco C: $T_2 - m_C \cdot g = m_C \cdot a \rightarrow T_2 - 8 \cdot 10 = 8 \cdot 2 \rightarrow$
  $T_2 = 8(10 + 2) \rightarrow \boxed{T_2 = 96\ N}$
- Bloco B: $T_1 - T_2 - m_B \cdot g = m_B \cdot a \rightarrow T_1 - 96 - 6 \cdot 10 = 8 \cdot 2 \rightarrow$
  $T_1 = 96 + 6(10 + 2) \rightarrow \boxed{T_1 = 168\ N}$
- Bloco A: $F - T_1 = m_A \cdot a \rightarrow F - 168 = 4 \cdot 2 \rightarrow F = 168 + 8 \rightarrow$
  $\boxed{F = 176\ N}$

Resposta correta: E

12.

i) O objeto saiu do repouso (velocidade de módulo zero) e chegou em uma velocidade de 15 m/s em 3 segundos. Utilizando esses dados e a função horária da velocidade, podemos encontrar o valor da aceleração média do objeto.

$V = V_0 + at \rightarrow 15\ m/s = 0 + a \cdot (3s) \rightarrow 15\ m/s = a \cdot (3s)$
$\rightarrow \boxed{a = 5\ m/s^2}$

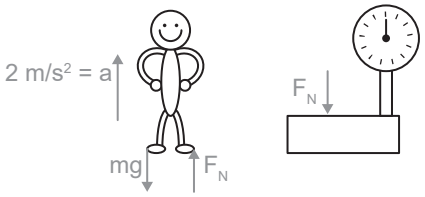
ii) O módulo da força resultante média pode ser obtido pela multiplicação da massa pela aceleração, logo:

$F_{resultante} = m \cdot a \rightarrow F_{resultante} = 5 \cdot 5 \rightarrow \boxed{F_{resultante} = 25\ N}$

Resposta correta: D

040961.158062/21

13. i) Desenhando as forças que atuam na pessoa e na balança:



ii) Para a pessoa, temos que:

$F_N - mg = ma \rightarrow F_N = m(g + a) = 80(10 + 2) \rightarrow$ **$F_N = 960$ N**

iii) Uma balança é calibrada para indicar a intensidade da força normal (F_N) que atua sobre ela. Se o elevador não estivesse acelerado, a intensidade da força normal seria igual ao peso da pessoa e esse seria o valor indicado pela balança. Devido à aceleração do elevador, o valor de F_N é alterado para acompanhar esse movimento e, por essa razão, a balança indica o valor de 960 N e não 800 N.

Resposta correta: D

Anotações

DIGITADOR(A): Estefania – **REVISOR(A):** Alana Maria

040961.158062/21